

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять
з курсу**

«АВТОМАТИКА І КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ»

(для студентів 4-го курсу денної та 5-го курсу заочної форм навчання
спеціальності 6.092100 – «Теплогазопостачання і вентиляція»)

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2008

Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Автоматика і контрольно-вимірювальні прилади» (для студентів 4-го курсу денної та 5-го курсу заочної форм навчання спеціальності 6.092100 - «Теплогазопостачання і вентиляція») / Укл.: Нубарян С.М., Пахомов Ю.В., Терновий В.П., Нубарян А.С. - Харків: ХНАМГ, 2008 - 38 с.

Укладачі:

С.М. Нубарян,
Ю.В. Пахомов,
В.П. Терновий,
А.С. Нубарян.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І. І. Капцов

Рекомендовано кафедрою експлуатації газових і теплових систем,
протокол № 8, від 29.08. 2008 р.

ВСТУП

Мета цих методичних вказівок - ознайомлення студентів із способами виміру, придбання навичок із практичного їх застосування на виробництві, а також на об'єктах теплогазопостачання і комунального господарства.

Виміри являють собою велике значення як єдиний засіб контролю технологічних процесів у системах теплогазопостачання і енергетики в цілому. Правильно організовані виміри забезпечують надійність, економічність і зручність ведення виробничих процесів, а також дають можливість їхньої широкої автоматизації. Крім того, без застосування контрольно-вимірювальних приладів відсутня можливість здійснення безпечного і безаварійного ведення виробничих процесів і роботи установок.

На сьогоднішній день народне господарство країни забезпечене величезним арсеналом засобів виміру як вітчизняного, так і закордонного виробництва - від найпростіших первинних перетворювачів і приладів до складних автоматичних приладів і систем, що дозволяють проводити контроль технологічних установок і складних виробництв і застосуванням засобів інформаційно-обчислювальної техніки.

Велика розмаїтість засобів виміру вимагає правильного їхнього вибору з обліком метрологічних і надійних характеристик. У цьому зв'язку одним з важливих питань є питання їхнього метрологічного забезпечення. Крім цього, необхідно враховувати економічну сторону питання, а також уніфікацію засобів виміру і умови їхньої експлуатації. Для цих цілей створена Державна система приладів (ДСП), що дозволяє максимально стандартизувати і уніфікувати вимірювальні засоби для промислових підприємств.

Практичне заняття №1

Вимірювальні прилади

1.1. Мета проведення заняття

Ознайомитися з цифровими та аналоговими приладами.

Освоїти методику одержання показань за допомогою однограничних і багатограничних приладів.

Навчитися подавати результати вимірів.

1.2. Завдання та порядок його виконання

1.2.1. Ознайомитися з виданими викладачем приладами.

1.2.2. У відношенні кожного визначити: чи є даний вимірювальний прилад цифровим або аналоговим, яку величину він вимірює, чи відповідає межа шкали межі вимірів і якщо ні, то обчислити нормований коефіцієнт К.

$$K = \frac{\Pi_{\text{в}}}{\Pi_{\text{ш}}},$$

де К - нормований коефіцієнт;

$\Pi_{\text{в}}$ – межа виміру;

$\Pi_{\text{ш}}$ – межа шкали.

1.2.3. Визначити по приладу його клас точності .

1.2.4. Обчислити максимальну погрішність за шкалою:

$$\Delta_{\text{ш}} = \frac{\Pi_{\text{ш}} \cdot \gamma}{100}.$$

1.2.5. Обчислити максимальну погрішність за виміром:

$$\Delta_{\text{в}} = \frac{\Pi_{\text{в}} \cdot \gamma}{100}.$$

1.2.6. Всі результати занести в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

1. Найменування приладу					
2. Тип приладу і заводський номер					
3. Вимірювана величина					
4. Межа шкали					
5. Межа виміру					
6. Нормувальний коефіцієнт					
7. Клас точності					
8. Максимальна погрішність за шкалою					
9. Максимальна погрішність за виміром					

1.3. Загальні відомості

1.3.1. Вимірювальний прилад - пристрій, призначений для об'єктивного відображення якісних і кількісних значень різних фізико-хімічних величин.

1.3.2. Показання приладів можуть відображатися в аналоговому або цифровому виді.

1.3.2.1. Аналоговий вимірювальний прилад (АВП) відображає показання на градуйованій шкалі, на якій отримані показання змінюються **пропорційно** вимірюваній величині.

Існує два способи одержання показань за допомогою АВП:

а) безпосередньо за шкалою, коли шкала градуйована в одиницях виміру, що відповідають вимірюваній величині, а межа шкали $X_{ш}$ відповідає межі виміру $X_{в.}$;

б) з використанням проміжних обчислень, коли для одержання результату виміру необхідно показання шкали помножити на постійний нормувальний коефіцієнт K . Наприклад, лінійка шкали відградуйована в дюймах а з межею шкали 10", а виміри здійснюються в см, з межею виміру 25 см. У цьому випадку:

$$X = X_B \cdot K,$$

де X - результат виміру в см;

X_B – обмірюване показання приладу в дюймах;

K - коефіцієнт, рівний 2,54.

1.3.2.2. У цифровому вимірювальному приладі (ЦВП) результат представляється в цифровому вигляді на екрані (дисплеї). ЦВП вимірює електричний сигнал, поданий на вхід приладу, і перетворює його в мікропроцесорі в цифрову послідовність. Якщо вимірювана величина неелектричного характеру - тиск, температура, витрата газу і т.п., то необхідно використати первинний перетворювач (датчик).

1.3.3. Первинний вимірювальний перетворювач (ПВП) - пристрій, що перетворює вимірювану величину в електричний сигнал, що змінюється пропорційно вимірюваній величині. Електричний сигнал подається з ПВП на вторинний вимірювальний прилад (ВВП). ВВП може бути як цифровий, так і аналоговий.

Завдяки передачі сигналу електричної величини, вторинний вимірюваний прилад може перебувати на великій відстані від первинного вимірювального перетворювача і місця виміру. Це дає можливість розмістити вимірювальні прилади на пульті керування.

1.3.4. Вимірювальний прилад може показувати значення вимірюваної величини (ВВ) у цей момент, а може **реєструвати** показання за певний проміжок часу з можливістю наступного аналізу відбуваючих змін вимірюваної величини.

Найпростішим варіантом вимірювального приладу, що реєструє, є самописний вимірювальний прилад або самопис. У даних приладах до вказівної стрілки кріпиться перо із чорнильницею, що фіксує зміни вимірюваної величини на діаграмному папері, що приводиться в рух спеціальним механізмом.

У багатьох сучасних вимірювальних приладах фіксування і запис вимірюваної величини відбувається на базі персонального комп'ютера (ПК), з відображенням на екрані в цифровому або аналоговому вигляді.

ПК дозволяє **вимірювати і фіксувати одночасно** безліч параметрів контрольованого об'єкта, що приходять від ПВП у вигляді уніфікованих електричних сигналів.

1.3.5. Всі вимірювальні прилади характеризуються **класом точності** γ . Клас точності показує, на яку максимальну величину у відсотках може відрізнятись показання приладу від дійсного значення вимірюваної величини.

Існують прилади з більш високим класом точності та більш низьким.

Технічні вимірювальні прилади мають клас точності 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4... Вони відрізняються підвищеною міцністю, надійністю і ресурсом роботи.

Лабораторні вимірювальні прилади мають підвищений клас точності 0,01; 0,02; 0,05. Вони більш вимогливі в обігу внаслідок підвищеної чутливості.

1.3.6. За допомогою приладів з високим класом точності можна зробити перевірку приладу з низьким класом точності і визначити, чи відповідає зазначений на приладі клас точності його дійсному класу.

Якщо показання приладу не відхиляються від показань більш точного на величину більш його класу, виходить, що він відповідає заявленому класу.

Ця процедура називається перевіркою приладу.

1.4. Звіт про виконання завдання

У звіті повинні бути наведені:

1. Мета практичного заняття
2. Всі основні формули й розрахунки.
3. Таблиця з технічними і метрологічними характеристиками приладів.
4. Короткі висновки по практичному заняттю .

Контрольні запитання

1. Що таке вимірювальний прилад? Які бувають вимірювальні прилади?
2. Як виконуються виміри за допомогою аналогового вимірювального приладу?

3. У чому відмінність аналогового вимірювального приладу від цифрового?
4. Для чого служить первинний вимірювальний перетворювач?
5. Що таке клас точності виміру. Які існують класи точності?
6. Область застосування приладів, що реєструють.

Практичне заняття №2

Перевірка засобів виміру прямим методом

Перед тим, як виконувати завдання, студенти, повинні ознайомитися з Інструкцією «Про міри пожежної безпеки в лабораторіях кафедри ЕГТС» і пройти інструктаж з електробезпеки з наступним записом і розписом у спеціальному журналі.

2.1. Мета проведення практичного заняття

2.1.1. Навчитися визначати клас точності вольтметра прямим методом.

2.2 Завдання практичного заняття

2.2.1 Визначати клас точності вольтметра прямим методом

2.3. Матеріали і устаткування

Для виконання практичної роботи потрібні наступні прилади:

- вольтметр, що перевіряється (клас точності 2,5);
- зразковий вольтметр (клас точності 0,5);
- стабілізоване джерело живлення постійного струму до 30В.

2.4. Загальні відомості

2.4.1. Під перевіркою засобів виміру розуміється метрологічна операція, що полягає в порівнянні мір і показань електровимірювальних приладів зі зразковими мірами або показаннями зразкових вимірювальних приладів для визначення їх погрешностей.

2.4.2. При виборі зразкових приладів варто виходити з наступних вимог:

- клас точності зразкового приладу повинен бути вище класу точності приладу, що перевіряється, не менш, ніж на 4 порядки (див. табл. 2.1);
- верхні межі виміру зразкового приладу, що перевіряється, повинні бути однаковими або відрізнятися не більше ніж на 25%;

Таблиця 2.1

Клас точності приладу, що перевіряється	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0
Клас точності зразкового приладу	0,2	0,25	0,5	1,0	1,5

- варіювання показань зразкового приладу не повинна перевищувати допустимої погрішності.

- при перевірці приладів на постійному струмі в якості зразкових варто застосовувати магнітоелектричні прилади.

2.4.3. На цьому практичному занятті при перевірці вольтметра із класом точності 2,5 прямим методом студенти звіряють показання цього вольтметра з показаннями зразкового вольтметра із класом точності 0,5 за умови, що виміри проводяться в тому самому діапазоні.

Сутність прямого методу полягає в безпосередній оцінці показань вимірювальних приладів одного типу. Наприклад. вольтметр перевіряється вольтметром, амперметр амперметром і т.д.

2.4.4. Клас точності засобів вимірів є узагальненою їхньою характеристикою, обумовленою межею допуска основних і додаткових погрішностей, а також іншими властивостями засобів вимірів, що впливають на точність.

Під межею основної погрішності, що допускається, розуміють найбільшу (без обліку знака) основну погрішність засобу вимірів, при якій вона може бути визнана ідеальною і допущеною до застосування.

2.4.5. Для визначення класу точності вольтметра прямим методом необхідно визначити:

а) основну погрішність на всіх цифрових відмітках шкали приладу.

За основну погрішність (абсолютну) приймається найбільша за абсолютною величиною різниця між показаннями перевіряемого й зразкового приладів:

$$\Delta = X - X_0,$$

де X_0 – щире значення вимірювальної величини.

б) відносну погрішність вимірів δ ;

δ - це відношення абсолютної погрішності виміру Δ до щирого значення вимірювальної величини:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_o} = \frac{X - X_o}{X_o} \cdot 100\% .$$

Оскільки щире значення вимірювальної величини X_o невідомо, то практично використовують дійсне значення вимірювальної величини X_d . Звичайно, за дійсне значення приймають показання зразкових засобів виміру

$$X_o = X_d = X_{зр};$$

в) наведену погрішність виміру γ ;

γ - це відношення абсолютної погрішності Δ до деякого нормуючого значення вимірювальної величини X_N .

Нормуюче значення X_N - це встановлене значення ширини діапазону $X_{\max} - X_{\min}$, де X_{\max} й X_{\min} - верхня й нижня межа діапазону шкали вимірів;

$$X_N = X_{\max} - X_{\min}.$$

Клас точності приладу, що перевіряється, визначається за найбільшою основною наведеною погрішністю:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_{\max} - X_{\min}} \cdot 100\% .$$

2.4.6. Варіювання показань V_x - це величина, яка характеризує стабільність статичної характеристики засобу виміру й визначається як найбільша різниця між вихідними сигналами приладу, що відповідає тому самому значенню вимірювальної величини при збільшенні й зменшенні величини X_i (рис. 2.1):

$$V_x = |y_i - y'_i|.$$

2.5. Порядок виконання завдання

2.5.1. Ознайомитися з вимірювальним приладом та устаткуванням, з їх технічними і метрологічними характеристиками.

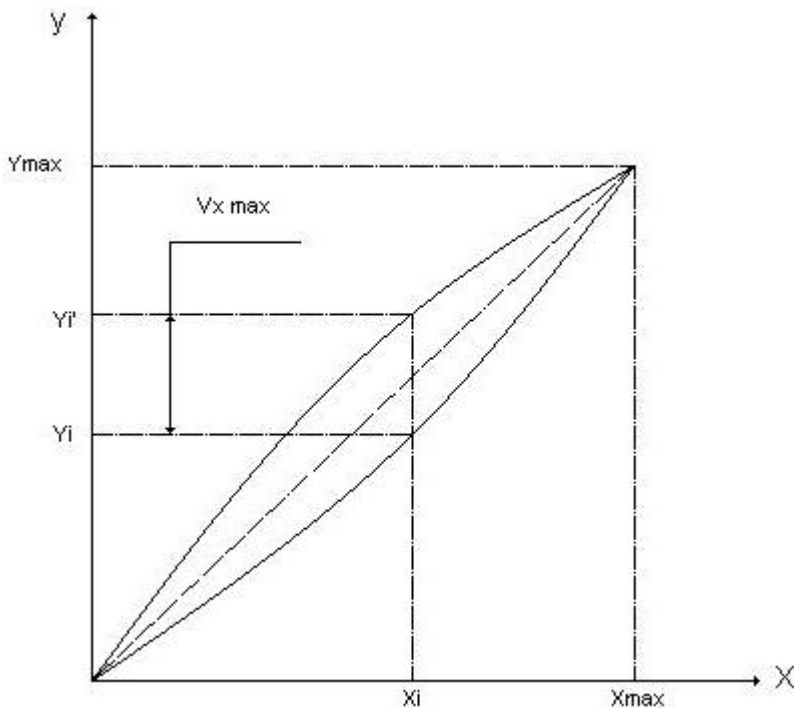


Рис.2.1

2.5.2. Зібрати схему для перевірки вольтметра (рис.2.2).

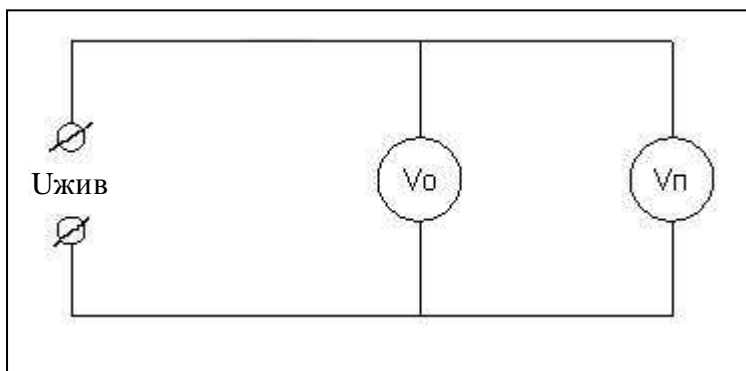


Рис. 2.2

2.5.3. Після перевірки викладачем правильності зібраної схеми, подати напругу в мережу.

2.5.4. Збільшити напругу до 10 (В), а потім зменшити до 1 (В), знімаючи показання зразкового і перевіряемого приладів через 1 (В).

2.5.5. Результати вимірів і обчислень записати в таблицю 2.2.

2.5. 6. Побудувати графік залежності U_n від $U_{зр}$:

$$U_n = f(U_{зр}).$$

2.5.7. По максимальній наведеній погрішності визначити клас точності вольтметра, що перевіряється, і переконатися, чи відповідає він класу точності, відзначеному на шкалі.

Таблиця 2.2

	Результат вимірів		Результат обчислень			
№ п/п	Показання приладу, що перевіряється, (вольтметра)	Показання зразкового приладу (вольтметра)	Абсолютна погрішність	Відносна погрішність ь	Основна наведена погрішність ь	Варіюва ння показань приладу
	$U_n, В$	$U_{зр}, В$	$\Delta U, В$	$\delta, \%$	$\delta, \%$	V_x
1						
2						
3						

2.5. 8. За графіком визначити варіювання показань приладу V_{max} і записати в таблицю 2.2.

2.5. Звіт про виконання завдання

У звіті повинні бути наведені:

1. Технічні й метрологічні характеристики приладів.
2. Схема електричної мережі.
3. Розрахункові формули, таблиця вимірів і обчислень, приклад обчислень за наведеними формулами.
4. Графік залежності U_n від $U_{зр}$.
5. Висновки по завданню

Контрольні запитання

1. Що таке вимір?
2. Приведіть класифікацію засобів виміру.
3. Що таке перевірка засобів виміру?
4. У чому полягає сутність перевірки засобів виміру прямим методом?
5. Що таке погрішність виміру?
6. Які типи погрішностей мають засоби виміру?
7. Що таке варіювання показань приладу?
8. Перерахуйте вимоги, що пред'являють до зразкових приладів.

Практичне заняття №3

Перевірка засобів виміру непрямым методом

Перед тим, як виконувати завдання, студенти повинні ознайомитися з інструкцією «Про міри пожежної безпеки в лабораторії кафедри ЕГТС» і пройти інструктаж з електробезпеки з наступним записом і розписом у журналі.

3.1. Мета практичного заняття

3.1.1 Навчитися визначати клас точності мікроамперметра непрямым методом.

3.2 Завдання

3.2.1 Визначити клас точності мікроамперметра непрямым методом.

3.3. Матеріали і устаткування

Для виконання завдання потрібні наступні прилади:

- мікроамперметр, що перевіряється (клас точності 1,2);
- зразковий вольтамперметр (клас точності 0,2);
- зразковий магазин опорів (клас точності 0,2);
- стабілізоване джерело живлення постійного струму до 30 В.

3.4. Вказівки до виконання завдання

3.4.1. Суть непрямого методу полягає в тому, що повіряємий і зразковий прилади вимірюють різні величини, зв'язані між собою відомою функціональною залежністю. Повірка мікроамперметра проводиться за допомогою зразкового вольтамперметра і магазину опорів з класом точності 0,2. За результатами вимірів обчислюються дійсні значення струму, що протікає в мережі за законом Ома.

3.4.2. На попередньому практичному занятті (див. п. 2.4.5.; 2.4.6.; 2.4.7.) були розглянуті погрішності засобів виміру і дане визначення показань засобів виміру (див. рис. 2.1 *Практичне заняття №2*).

3.5. Порядок виконання завдання

3.5.1. Ознайомитися з вимірювальними приладами та устаткуванням, з їх технічними і метрологічними характеристиками.

3.5.2. Зібрати схему для перевірки мікроамперметра непрямим методом (Рис. 3.1)

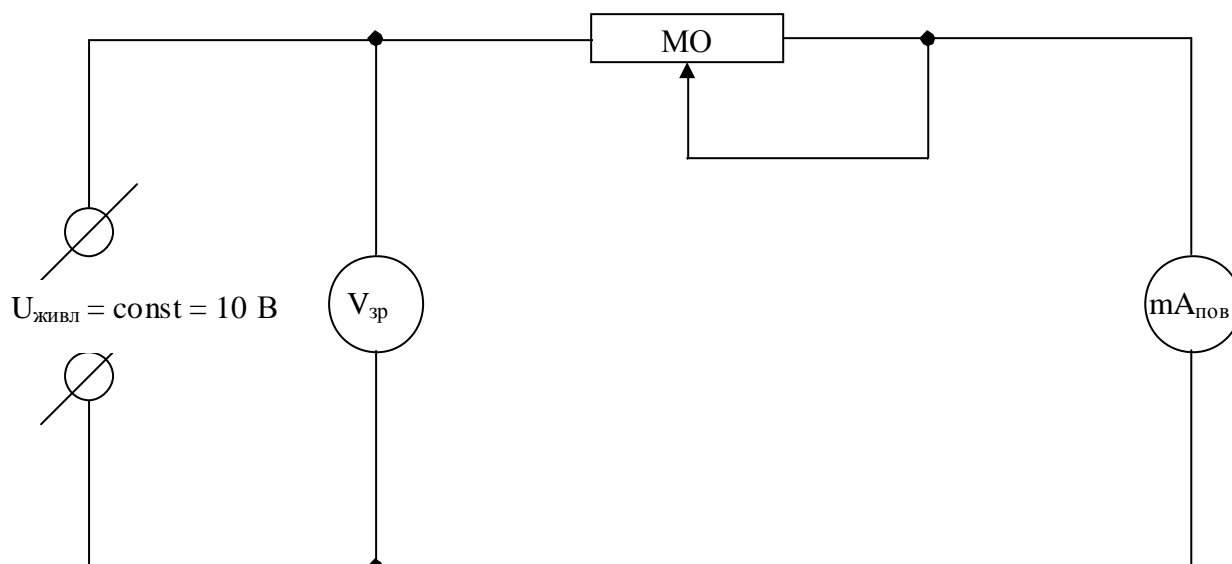


Рис. 3.1

3.5.3. Переконавшись, що схема зібрана правильно, подати напругу в мережу, $U_{\text{жизвл}} = 10 \text{ В}$ і приступити до виконання вимірів.

3.5.4. За допомогою магазину опорів (змінюючи опір R) встановлювати стрілку міліамперметра і перевіряти по черзі всі цифрові відмітки при збільшенні, а потім при зменшенні значення струму I .

3.5.5. Результати вимірів і обчислень записують у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

№ п. п.	Результати вимірів		Результати обчислень				
	показання міліамперметра, що перевіряється	показання магазину опорів	Дійсні значення струму	Абсолютна погрішність	Відносна погрішність	основна наведена погрішність	варіювання показань приладу
	$I_{\text{п}}, \text{ ма}$	$R_{\text{мс}}, \text{ Ом}$	$I_{\text{р}}, \text{ ма}$	$\Delta I, \text{ ма}$	$\delta, \%$	$\delta, \%$	$V_{\text{х}}, \text{ ма}$

3.5.6. Для обчислення дійсного значення струму скористаємося законом Ома для ділянки мережі

$$I_p = \frac{U_{жив}}{R_{М.О}}, \quad U_{жив} = 10 \text{ В.}$$

Абсолютна погрішність: $\Delta I = I_{\Pi} - I_p$.

3.5.7. Відносна погрішність:

$$\delta_{вд} = \frac{\Delta I_i}{I_p} \cdot 100\% .$$

3.5.8. Основна наведена погрішність:

$$\delta_{прив} = \frac{\Delta I_i}{I_p^{\max} - I_p^{\min}} \cdot 100\% ,$$

де $I_p^{\max} - I_p^{\min}$ – різниця верхньої й нижньої меж вимірів, тобто діапазон вимірів

3.5. 9. Побудувати графік залежності $I_{\text{пов}}$ від I_p :

$$I_{\text{пов}} = f(I_p).$$

3.5.10. По максимальній наведеній погрішності визначити клас точності міліамперметра, що перевіряється і переконатися, чи відповідає він класу точності, відзначеному на шкалі приладу.

3.5.11. За графіком (див. п. 3.4. 9.) визначити варіювання показань приладу. $V_{X.\max}$ і записати в табл. 3.2.

3.6. Звіт про виконання завдання

У звіті повинні бути наведені:

3.6.1. Технічні й метрологічні характеристики приладів;

3.6.2. Схема електричного ланцюга;

3.6.3. Розрахункові формули, таблиця вимірів і обчислень, приклад обчислень за наведеними формулами;

3.6. 4. Графік залежності $I_{\text{пов}}$ від I_p ;

3.6.5. Короткі висновки по завданню.

Контрольні запитання

1. Що таке вимір?
2. Приведіть класифікацію засобів виміру.
3. Що таке повірка засобів виміру?
4. У чому полягає сутність перевірки засобів вимірів непрямым методом?
5. Як Ви використали закон Ома при виконанні завдання?
6. Що таке погрішність виміру?
7. Якими типами погрішностей володіють засоби виміру?
8. Перелічіть вимоги, що пред'являють до зразкових приладів.

Практичне заняття №4

Вимір опорів за допомогою врівноваженого моста

4.1. Мета практичного заняття

Ознайомлення з первинними вимірювальними перетворювачами (ПВП), що перетворюють різні теплотехнічні величини в зміну електричної опори розглянутого ПВП.

Вимір опорів. Ознайомлення з різними методами виміру опорів.

4.2. Завдання

4.2.1 Виконати вимір опорів за допомогою врівноваженого моста типу УМВ.

4.3 Матеріали і устаткування

1. Джерело живлення.
2. Урівноважений міст постійного струму типу УМВ класу 0,2.
3. Зразковий магазин опорів класу 0,2.
4. Набір електричних опорів.
5. Зразковий цифровий прилад для виміру опорів.

4.4. Загальні відомості

Багато первинних вимірювальних перетворювачів перетворюють вимірювальну величину в зміну опору самого перетворювача. Це обумовлено зручністю й точністю виміру електричного опору, а також можливістю передачі

електричного сигналу і фіксування отриманих показань на відстані від місця проведення робіт.

Найбільш широко використовуються прилади, які змінюють свій електричний опір при зміні температури – терморезистори; при зміні геометричних параметрів пристрою – тензодатчики; при зміні освітленості чутливого елемента - фоторезистори і пірометри.

Терморезистори в теплотехніці використовуються у вигляді термометрів опору мідних ТОМ, або платинових ТОП для вимірів температур рідин і газів.

Тензодатчики, розташовані в механізмах манометрів, перетворюють тиск середовища в електричний сигнал.

При вимірі високих температур, у тому числі і температури полум'я найчастіше використовують пірометри, в яких чутливий елемент освітлюється вихідним від нагрітого тіла потоком променів.

Вимір опорів проводиться за допомогою врівноважених і неврівноважених мостів і компенсаційним методом.

4.4.1. Урівноважені мости

Урівноважені чотирьохплечні мости є найбільш простими і розповсюдженими приладами для виміру опору термометра при його градуюванні, або в лабораторних умовах. Мости застосовуються не тільки з термометрами опору, але й з датчиками інших фізичних величин, вихідним сигналом яких є зміна опору.

Принципова схема моста з датчиком R_T , яка включена в одно із плечей, наведена на рис. 4.1. опору інших плечей R_1 , R_2 й R_3 відома.

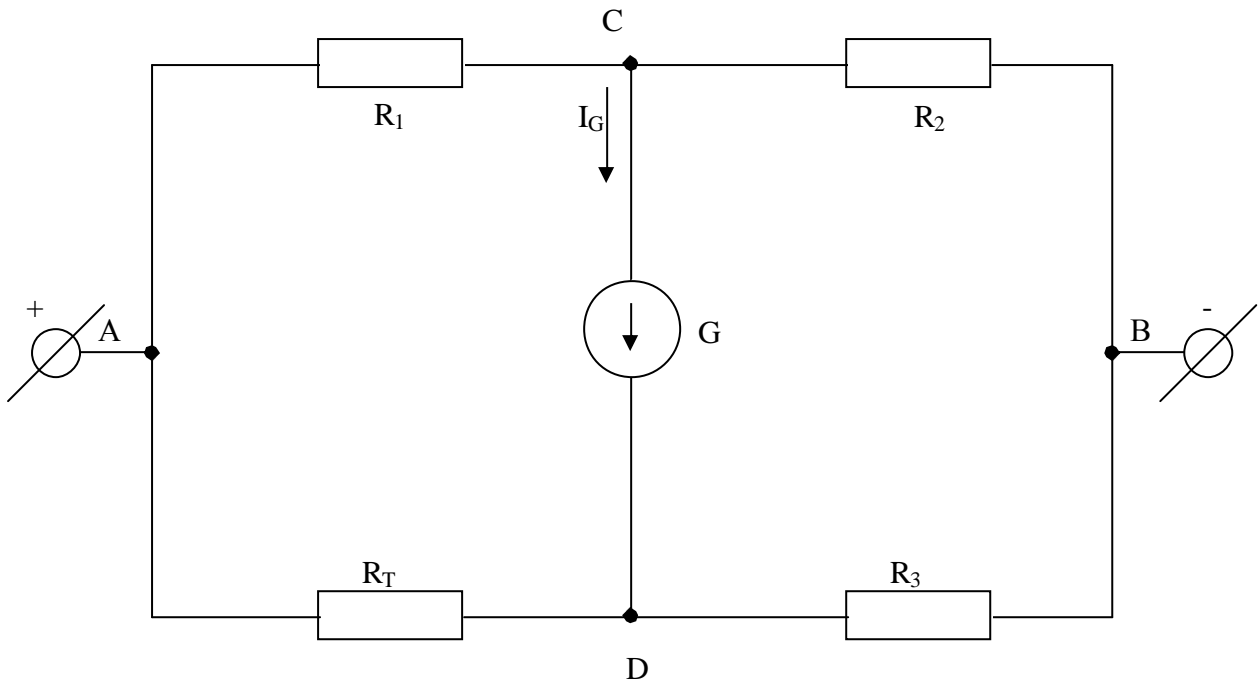


Рис. 4.1

Умовою рівноваги даного моста, при якому $I_G=0$ є:

$$R_1 \cdot R_3 = R_T \cdot R_2.$$

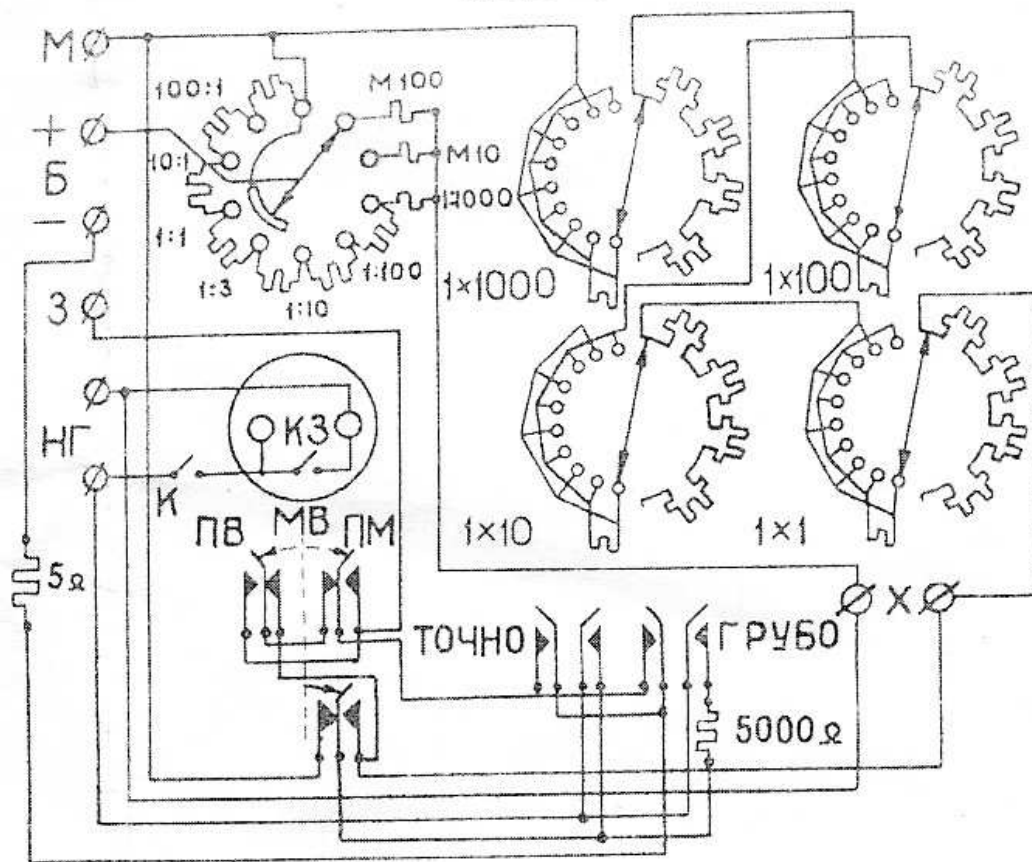
Для виміру опору R_T урівноваженим мостом користуються рівнянням:

$$R_T = \frac{R_3}{R_2} \cdot R_1, \quad \text{з якого видно, що зрівноважити міст можна зміною опору } R_1$$

при постійному співвідношенні баластових плечей R_3/R_2 , тобто кожному R_T відповідає значення R_1 .

Для виконання завдання ми використовуємо міст постійного струму типу УМВ. Вимір опорів робимо за схемою Вістона. Принципова схема моста і правила користування відзначені на стор.18,19.

МІСТ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ типу УМВ
ПРАВИЛА КОРИСТОВУВАННЯ
СХЕМА



Таблиця рекомендованих режимів роботи моста

Вимірюваний опір, Ом	Напруга , В	Положення курбелі плеч відносин
0-1	2	1:1000
1-10	4	1:1000
10-100	4	1:100
100-1000	6	1:10
1000-10000	8	1:1
10000-100000	14	10:1
100000-1000000	20	100:1

При напрузі більш 10 В, у плече R повинно бути ввімкнено не менш 100 Ом

Міст, призначений для наступних цілей:

1. Вимірювання опору за схемою моста Вітстона.
2. Кабельне вимірювання за схемою Варлея.
3. Кабельне вимірювання за схемою Муррея.
4. Включення в електричну схему в якості магазину опору.

При вимірюваннях користуватися: або внутрішнім гальванометром Г(кнопка "К" повинна бути притиснута), або зовнішнім гальванометром, приєднаним до затискача "НГ"(кнопка "К" повинна бути віджата).

У ланцюгу гальванометра та батареї знаходяться ключі "грубо" та "точно". При натисканні ключа "грубо" гальванометр вмикається послідовно з баластним опором, при натисканні ключа "точно" гальванометр вмикається безпосередньо.

Крім того, в обох випадках вмикається батарея "В".

Міст можна вмикати як магазин опору через клеми "М" та "Х" праворуч в складі декад.

Для шунтування гальванометра діє кнопка "КЗ" і гальванометр замикається накоротко.

СХЕМА МОСТА ВІТСТОНА

Батарею приєднати до затискачів "В". Вимірюваний опір приєднати до затискачів "Х". Рукоятку перемикача поставити в положення "МВ", величини опору визначається за формулою: $X = nR$, де $n = r_1/r_2$, де відношення установлені на плечі відносин; R – опір, установлений на зрівняльному плечі, станом на 4-х декадах.

4.4.2. Неврівноважені мости.

Для виміру опору в експлуатаційних умовах застосовують як показуючі прилади неуврівноважені мости. На рис. 4.2. показана принципова двухпроводна схема неуврівноваженого моста, де R_1 , R_2 , R_3 – постійні опори плечей моста, R_T – опір вимірюваного датчика, R_4 – опір мілівольтметра, R_P – регульований опір.

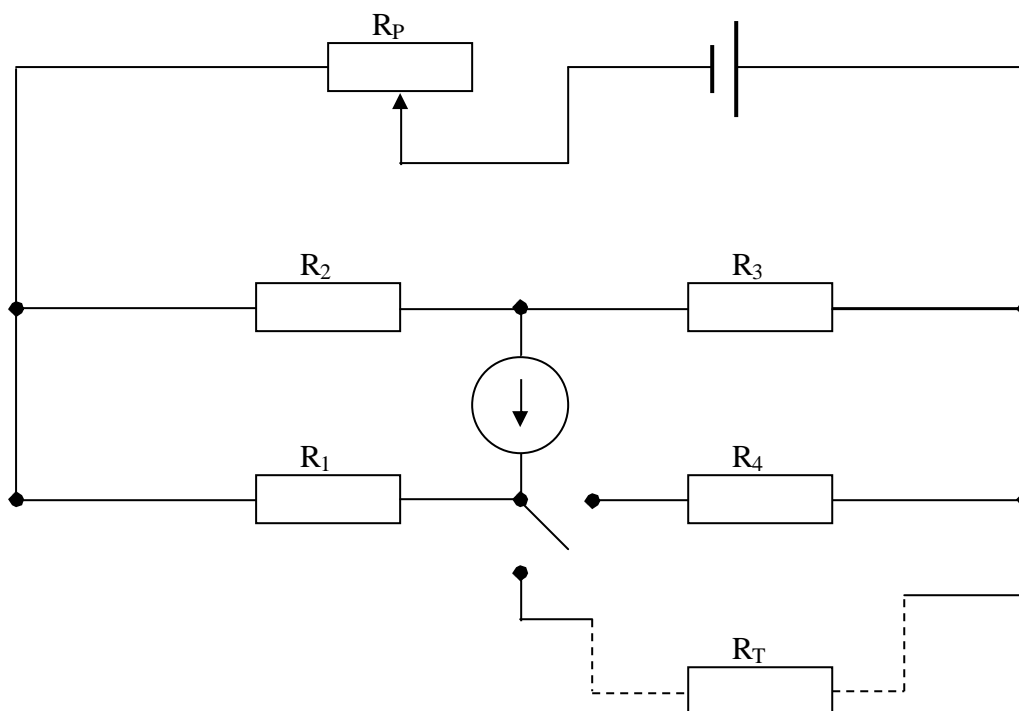


Рис. 4.2

На початку виміру за допомогою R_P проводиться підстроювання моста, наприклад на «нуль». Якщо опір R_T зміниться, через мілівольтметр піде струм, пропорційний цій зміні.

Для зручності виміру шкала мілівольтметра градується в одиницях вимірів величини, наприклад в омах - такий прилад називається омметром.

У лабораторній роботі № 4 використовують цифровий омметр високої точності. У такий же спосіб улаштовані й стрілочні показуючі прилади, що вимірюють температуру, тиск, освітленість, витрату й т.д.

4.5. Порядок виконання завдання

4.5.1. Ознайомитися з принциповою схемою і правилами користування врівноваженим мостом постійного струму типу УМВ. Освоїти методику виміру опорів за допомогою моста.

4.5.2 Накреслити монтажну схему вимірів за допомогою врівноваженого моста.

4.5.3. Накреслити електричну схему вимірів, що повинна бути представлена у двох варіантах:

- а) підключення в схему електричних опорів R_x ;
- б) підключення магазину опорів $R_{M.O.}$ (див. рис. 4.3.).

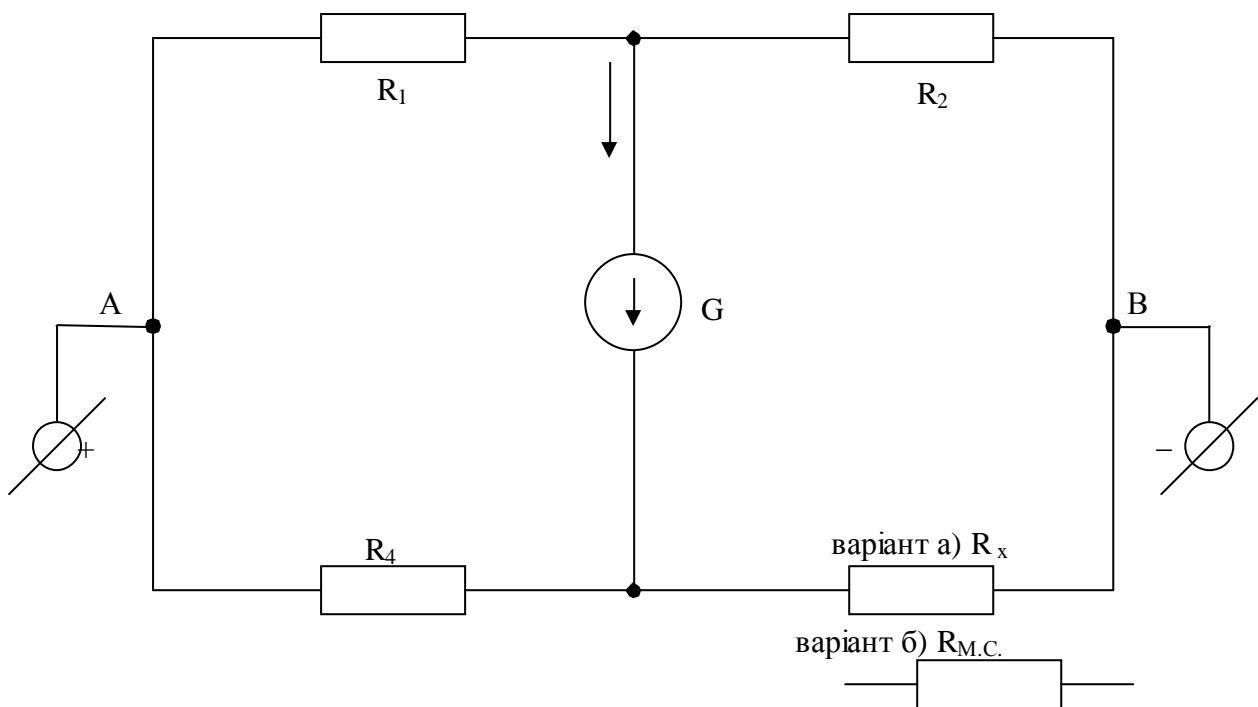


Рис. 4.3

4.5.4. Зібрати електричну схему вимірів.

4.5.5. Після перевірки викладачем правильності зборки схеми, приступити до виконання завдання.

4.5.6. Приєднати до клем Б “+” й “-” урівноваженого моста провідники (див. принципову схему) і подати напругу від джерела живлення. Виставити напругу на джерелі живлення $U = 5$ В. До вимірювальних клем “Х” по черзі підключати видані викладачем стандартні електричні опори.

4.5.7. Залежно від значень вимірюваних опорів (див. Таблицю рекомендованих режимів роботи, моста, стор.18) вибрати відповідне положення курбелі плечей відносин.

4.5.8. Обертанням чотирьох рукояток порівняльного плеча виставляємо показання стрілки гальванометра на «нуль».

4.5.9. До вимірювальних клем «Х» підключаємо зразковий магазин опорів. За допомогою рукояток, розташованих на приладі по черзі виставляємо отримані значення досліджуваних опорів і вдруге виставляємо показання стрілки гальванометра на «нуль».

4.5.10. Для визначення погрішностей при виконанні вимірів використати наступні формули:

$$\Delta R_1 = \frac{R_{зр} - R_{ном}}{R_{зр}} \cdot 100\% ; \quad \Delta R_2 = \frac{R_{зр} - R_{х.вим}}{R_{зр}} \cdot 100\% ,$$

де $R_{ном}$ – значення опорів, які зазначені на опорі, Ом;

$R_{зр}$ – значення опорів, отримані за допомогою магазину опорів, Ом;

$R_{х.вим}$ – значення опорів, які отримані за допомогою моста постійного струму, Ом;

4.5.11. Результати виміру й обчислень заносимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

N п.п	Номинальне значення опорів $R_{ном}, Ом \pm \%$	Зразкові значення опорів $R_{зр}, Ом$	Вимірюване значення опорів $R_{х.вим}, Ом$	Погрішності вимірів	
				$\Delta R_1, \%$	$\Delta R_2, \%$
1	2200±5%	2350	2300	6	2
2					
3					

4.5.12. На підставі табл. 4.1 визначити ступінь придатності досліджуваних опорів.

4.5.13. Вимір опорів повторити за допомогою цифрового омметра і зрівняти з показаннями, отриманими за допомогою моста постійного струму.

4.5.14. Результати вимірів занести в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

N, п/п	Номинальне значення опорів $R_{ном}, Ом$	$R_{вим}, Ом$	$\Delta R, Ом$	$\Delta R, \%$

4.6. Звіт про виконання завдання

У звіті повинні бути наведені:

1. Мета виконання завдання.
2. Технічні й метрологічні характеристики приладів.
3. Схеми вимірювальних ланцюгів.

4. Монтажні схеми вимірів урівноваженого й неуврівноваженого мостів:
(1. Міст постійного струму типу УМВ; 2. цифровий омметр).
5. Таблиці вимірів і розрахунки.
6. Висновки по виконаному завданню.

4.7. Контрольні запитання:

1. Для чого призначені врівноважені мости?
2. Область застосування врівноважених мостів.
3. Для чого застосовуються неуврівноважені мости?
4. Які прилади належать до неуврівноважених мостів?

Практичне заняття № 5

Вимір температур за допомогою термометра опору

5.1. Мета практичного заняття

- Вивчити пристрій і принцип дії електричного термометра опору.
- Освоїти методику виміру температури за допомогою термометрів опору.
- Ознайомитися з особливостями і властивостями електричних термометрів опору.
- Придбати навичку в проведенні градуювання термометра опору.

5.2. Завдання

5.2.1. Виконати вимір температур за допомогою термометра опору

5.3. Матеріали і устаткування

1. Джерело живлення.
2. Урівноважений міст класу 0,2.
3. Термометр опору мідний (ТОМ).
4. Стрілочний електротермометр класу 2,5.
5. Зразковий цифровий електротермометр.
6. Посудина з водою.
7. Водонагрівач.

5.4. Загальні відомості

5.4.1. Електричні термометри опору широко застосовуються в промисловості для виміру температур у межах від -260°З до 750°С .

Принцип дії термометрів опору заснований на властивості речовин міняти свій електричний опір при зміні температури. Зі збільшенням температури опір металів росте, а напівпровідників і електролітів падає.

Застосовувані термометри опору виготовляють із чистих металів або напівпровідників. До металевих термометрів відносяться мідний (ТОМ) і платиновий (ТОП), чутливий елемент яких являє собою дріт з відповідного металу, намотаний на ізоляційний каркас.

Для захисту ТО від ушкоджень каркас із дротом поміщають у герметичний корпус.

Термометри опору відрізняються міцністю, надійністю та довговічністю, але внаслідок значної маси мають теплову інерцію. Тому їх не можна застосовувати при швидкозмінних теплових режимах і в устаткуванні з малим обсягом вимірюваної речовини.

У застосовуваних термометрів опору на основі напівпровідників значно більша зміна опору при зміні температури в порівнянні з металевими, але при цьому діапазон їхнього застосування становить від -60°С до $+180^{\circ}\text{С}$. Ці термометри називають терморезисторами. Вони набагато чутливіші за металеві ТО за рахунок нелінійності статичної характеристики. Завдяки їх малій масі вони застосовуються для нестационарних теплових процесів.

5.4.2. Прилади або пристрої, що служать для виміру температур і складаються з електровимірювального приладу з підключенням до нього термометром опору називаються електричними термометрами опору.

Для виміру значень опорів термометрів опору застосовують в основному врівноважені та неуврівноважені мости. Будова, правила користування й принципові схеми врівноважених і неуврівноважених мостів були розглянуті на практичному занятті № 4. (см. п. 4.4.1.; 4.4.2.).

5.4.3. Застосовувані в промисловості платинові термометри опору (ТОП) і мідні (ТОМ) залежно від температурного діапазону виміру мають нормоване номінальне значення опору при 0 °С (R_0), обумовлене відповідним градуюванням. Термометри платинової групи мають три градуювання: ГР-20; ГР-21; ГР-22; а термометри мідної групи - два: ГР-23; ГР-24.

Значення опору R_0 для різних градуювань наведено в табл. 5.1

Таблиця 5.1

Тип термометра	ТОП	ТОП	ТОП	ТОМ	ТОМ
Градування	Гр. 20	ГР.21	ГР.22	ГР.23	ГР.24
R_0 , Ом	10	46	100	53	100

Номінальна характеристика термометра опору визначається за формулою:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t),$$

де α – коефіцієнт термічного опору; $\alpha_{\text{мідн}} = 0,4-0,6 \text{ \% на } 1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

З вищевказаної формули одержимо:

$$R_0 = R_t / (1 + \alpha t).$$

За значенням R_0 визначимо, до якого градуювання належить наш термометр опору.

5.5. Послідовність виконання завдання

5.5.1. Ознайомитися з будовою урівноваженого моста постійного струму типу УМВ, а також з методикою виміру опорів за його допомогою. (див. практичне заняття № 4).

5.5.2. Накреслити монтажну схему вимірів опору R_t за допомогою врівноваженого моста.

5.5.3. Накреслити електричну схему вимірів (див. рис. 5.1).

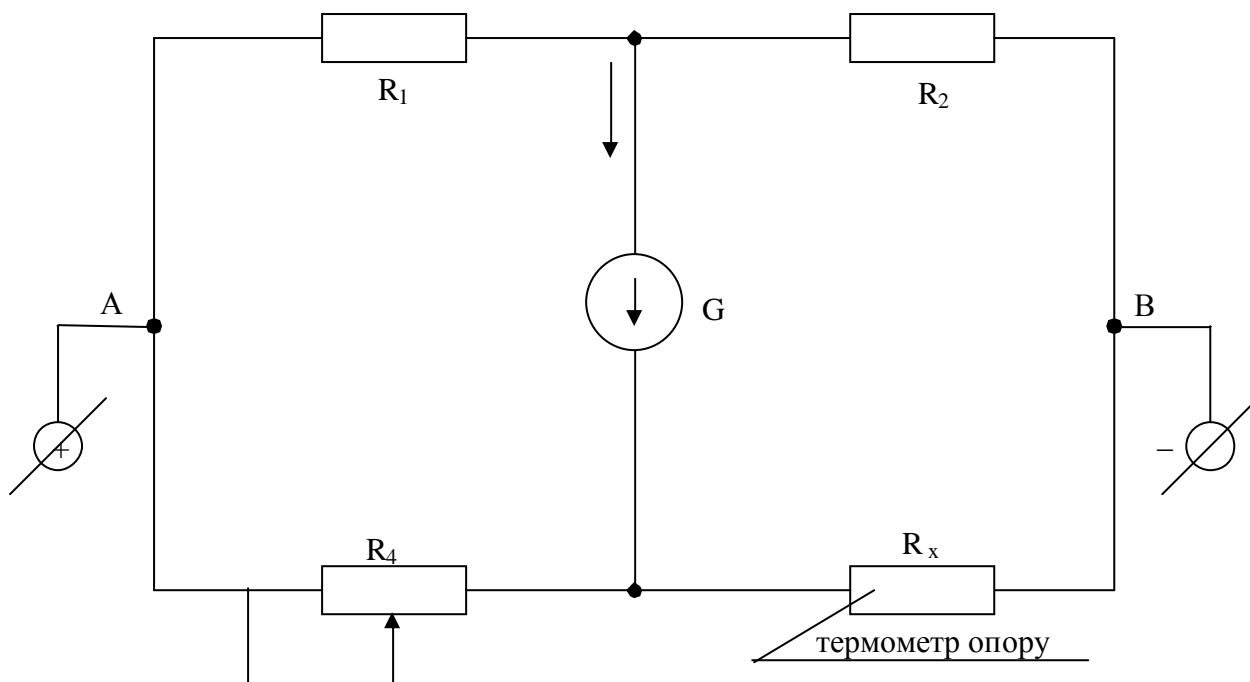


Рис. 5.1

5.5.4. Зібрати електричну схему для виконання вимірів.

5.5.5. Після перевірки правильності зборки схеми приступити до виконання завдання

5.5.6. Приєднати до клем Б „+” й „-” урівноваженого моста джерело живлення. Виставити напругу на джерелі живлення $U = 5$ В. До вимірювальних клем „X” урівноваженого моста приєднати термометр опору мідний ТОМ.

Опустити ТОМ у посудину з водою при кімнатній температурі (рис. 5.4).

5.5.7. Включити стрілочний термометр. Опустити його датчик у ту ж посудину.

5.5.8. У ту ж посудину опускається еталонний термометр. (Термопара цифрового термометра, як найменш інерційного).

5.5.9. Зробити поступове нагрівання до температури кипіння, з встановленням значення R_t за врівноваженим мостом і температури за стрілочним приладом в п'ятих-сімох точках. Істинною вважається температура, яка виміряна за електроним термометром.

5.5.10. Довести воду в посудині до кипіння. Виміряти цю температуру і відключити нагрівач. Для прискорення остигання води додавати в неї шматочки

льоду, при цьому стежити, щоб вони не контактували з термопарою еталонного термометра.

5.5.11. При охолодженні води встановити значення R_t у тих же точках і при тій же температурі, що й при нагріванні.

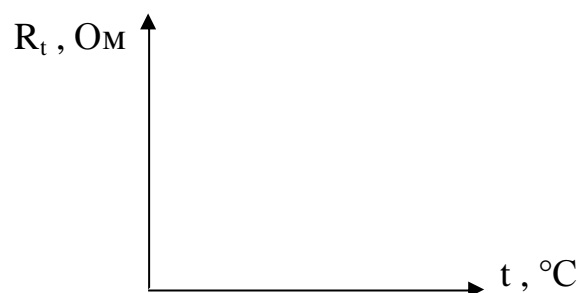
5.5.12. Всі дані отримані при проведенні експерименту занести в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

№ п/п	t^0 за цифровим термометром	Опір ТОМ R_t , Ом		Температура за стрілочним електротермометром, t °С	
		нагрівання	охолодження	нагрівання	охолодження
1	$t^0_{\text{кімнати}} \dots\dots\dots \text{C}^0$	↑	↓	↑	↓
2		↓	↑	↓	↑
N	$t^0_{\text{кипіння}} \dots\dots\dots \text{C}^0$	↓	↑	↓	↑

5.5.13. За таблицями визначити при якому тиску кипить вода.

5.5.14. Побудувати графік залежності опору ТОМ від температури. На графіку ознайомитися з явищем *гістерезиса* (розбіжність показань при нагріванні й охолодженні). При побудові графіка користуватися даними електронного термометра.



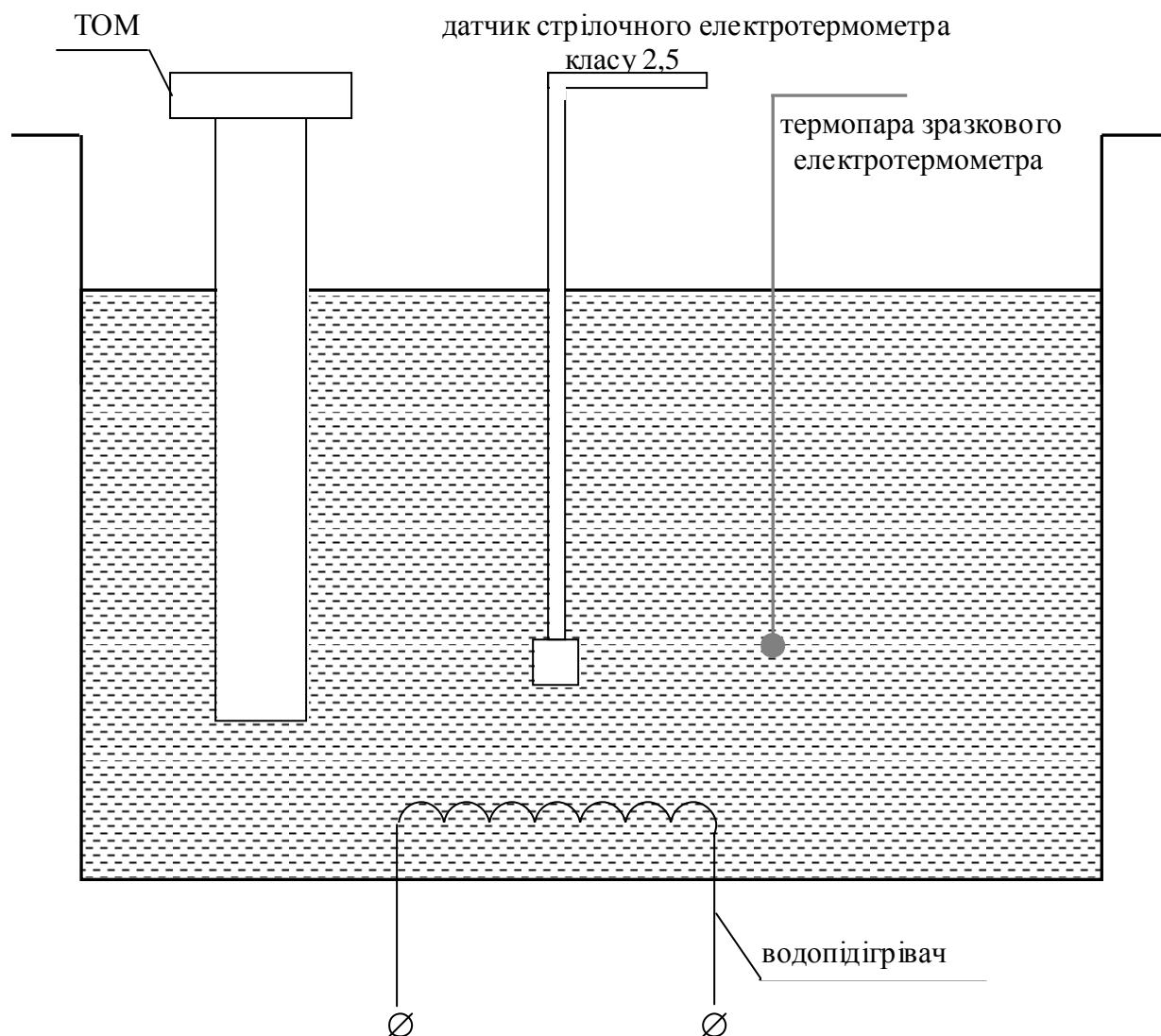


Рис. 5.4

5.5.15. Визначити, до якого градуювання належить випробовуваний термометр опору за формулою:

$$R_o = R_t / (1 + \alpha t).$$

5.5.16. Отримані дані занести в табл. 5.3

5.5.17. За середнім значенням R_o по табл. 5.1 визначити градуювання термометра опору.

Таблиця 5.3

№ п/п	t, °C	R _t , Ом	R _o

5.6. Звіт по виконанню завдання

У звіті повинні бути наведені:

1. Мета виконання завдання.
2. Технічні й метрологічні характеристики приладів.
3. Схеми вимірювальних ланцюгів.
4. Монтажна схема вимірів за допомогою врівноваженого моста.
5. Таблиці вимірів і графіки.
6. Висновки по практичному заняттю.

Контрольні запитання

1. Що таке електричний термометр опору?
2. Які матеріали використовуються в термометрах опору?
3. Достоїнства й недоліки матеріалів, застосовуваних у термометрах опору.
4. Що таке терморезистори? Область їх застосування.
5. Які існують недоліки напівпровідникових термометрів опору?

Практичне заняття №6

Термоелектричний метод виміру температур

6.1. Мета виконання завдання

Ознайомитися з явищем термо – ЕДС і навчитися градуювати термопари.

6.2. Завдання

6.2.1. Зробити градуювання термопари з використанням потенціометра постійного струму типу КП-59.

6.3. Матеріали і устаткування

1. Термопара.
2. Ємкість для води.
3. Нагрівач.
4. Мілівольтметр.
5. Потенціометр постійного струму типу КП-59 класу точності 0,05.
6. Еталонний цифровий електротермометр.
7. Сполучні провідники.
8. Джерело живлення.

6.4. Загальні відомості

6.4.1. Термоелектричний метод виміру температур заснований на функціональній залежності термо – ЕДС від температури. Термометри, у яких реалізується даний принцип, звичайно складаються із чутливого елемента, що представляє собою два спаяних різнорідних метали (термопара), і електровимірювального приладу. Ці термоелектричні прилади використовуються для виміру температур у діапазонах від -200 до $+2500$ $^{\circ}\text{C}$.

До достоїнств термоелектричних термометрів можна віднести високу точність, можливість роздільного градуювання датчика температури і вимірювального приладу, можливість централізованого контролю температури, вимірюваної декількома датчиками, мала інерційність у наслідок малої маси датчика.

Недоліком термоелектричного методу є вплив агресивних середовищ на термопари, що збільшується з ростом температури і знижує строк їхньої служби.

Термо - ЕДС що розвиває термопара невелика і становить $0,01-0,07$ мВ/град., вимірюється за допомогою мілівольтметрів і потенціометрів.

Розглянемо електричний ланцюг, що складається із провідників А і В (рис. 6.1).

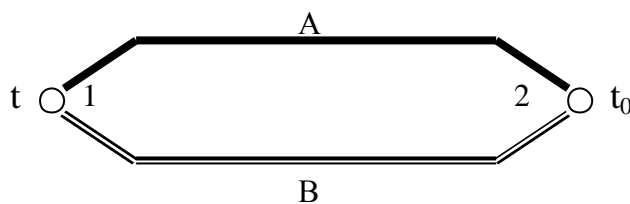


Рис. 6.1

При нагріванні спаю 1 відносно спаю 2 у ланцюзі виникне електричний струм, пропорційний різниці температур t/t_0 .

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0),$$

де E - результуюча ЕДС;

e - ЕДС у відповідній точці.

При зміні порядку індексів А і В у місцях контакту знак перед ϵ міняється на протилежний:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0).$$

Звичайно температура холодного знаю підтримується постійною $t_0 = \text{const}$ (звичайно $t_0 = 0^\circ\text{C}$, або кімнатна, із вказівкою температури, наприклад $t_0 = 20^\circ\text{C}$.)
Значення $e_{AB}(t_0) = c$. Звідси:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - c = \varphi(t).$$

Це вираження зветься градуївочною характеристикою термопар і одержується експериментально.

6.4.2. Вимірювальні прилади, які застосовані з термопарами.

До основних типів приладів, застосовуваних разом з термопарами відносяться різні типи мілівольтметрів як стрілочних, так і цифрових, а також потенціометри, які можуть бути показуючими, автоматичними й самописними. При цьому шкали цих приладів градуюються для кожної конкретної градуїваної термопар. Ці шкали можуть бути як подвійними, так і одинарними. На подвійних шкалах наносяться мілівольти та відповідні їм значення температури. На одинарні наносять мілівольти або градуси Цельсія. На промислових стаціонарних вимірювальних приладах шкала звичайно нанесена в градусах.

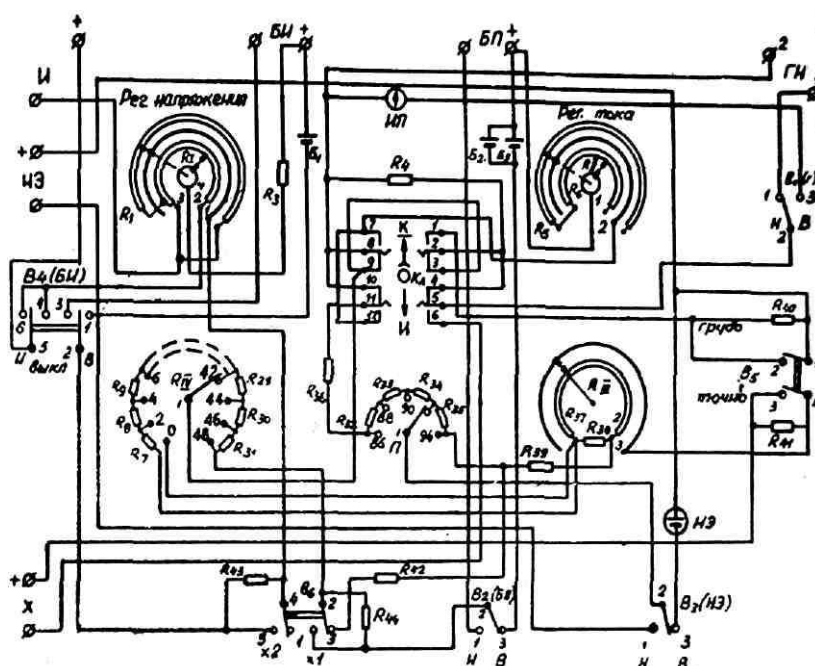


Рис. 6.1 - Принципова схема потенціометра постійного струму типу КІ-59 класа 0,05

Правила користування

Перед вимірами коректором установити стрілку гальванометра на нуль. При користуванні зовнішнім джерелом живлення, нормальним елементом і гальванометром підключити їх відповідно до затискачів **БП**, **БИ**, **ГН** і **НЭ**. Перемикачі **БП**, **БИ**, **Г** і **НЭ** встановити в положення **Н**.^{*}

При користуванні внутрішнім джерелом живлень, нормальним елементом і гальванометром перемикачі **БП**, **БИ**, **Г** і **НЭ** встановити в положення **В**. Перед початком і після закінчення вимірів перемикач, **БИ** встановити в положення **викл**, а перемикач **И-К** в нейтральне положення.

1. Вимір ЕДС і напруг:

1) Підключити до затискачів **Х** об'єкт вимірів;

2) При вимірі ЕДС до 50 мВ установити множник $\times 1$, при ЕДС більше 50 мВ множник $\times 2$;

3) При положенні **К** перемикача **И-К** і послідовному положенню грубо й точно перемикача **точно** рукоятками **Рег.струму** встановити стрілку гальванометра на нуль;

4) Перевести перемикач **И-К** в положення **И** та при послідовному положенні грубо й точно перемикача **точно** обертанням рукояток секціонованого перемикача і реохорда встановити стрілку гальванометра на нуль. Відлік у мілівольтах зробити підсумовуванням показань секціонованого перемикача і реохорда з урахуванням обраного множника.

2. Повірка пірометричних мілівольтметрів

1) Дотримуючи полярності, підключити перевірюваний прилад до затискачів **И** і **Х**;

2) Установити перемикач **БИ** в положення **В** або **Н** обертанням рукояток, **рег. напруги** встановити стрілку мілівольтметра на перевірюваний відмітці шкали.

Максимально допустима напруга зовнішнього джерела живлення убудованого джерела регульованої напруги - 6 В. Найменший щабель регулювання напруги не перевищує 0,03% від найбільшої напруги на затискачах **И**.

3) Виміряти потенціометром напругу на затискачах X ($n.2 \div 5; I$).

3. Повірка автоматичних потенціометрів:

1) Підключити прилад, що перевіряється до затискачів X ;

2) При перевірці приладу з верхньою межею до 50 мВ встановити множник $\times 1$, з верхньою межею 100 мВ - $\times 2$;

3) Установити робочий струм ($n.3, I$);

4) Установити перемикач гальванометра $ГН$ у положення $Н$, а затискачі $ГН$ закортити;

5) Перевести перемикач $И-К$ у положення $И$ та, регулюючи напругу на затискачах X , обертанням рукояток секціонованого перемикача і реохорда встановити стрілку автоматичного потенціометра на перевірювану відмітку. Звірити показання потенціометра КП-59 і перевірюваного приладу, визначити погрішність.

Основна погрішність властива потенціометру у вольтах не перевищує $\pm(5 \cdot 10^{-4} U + 0,5 \Delta U)$ де U - дане показання потенціометра у вольтах; ΔU - ціна поділки реохорда у вольтах		
Положення перемикача меж	$\times 1$	$\times 2$
Межі виміру, мВ	0÷50	0÷100
Межі зміни напруги на затискачах $И$,	-2,5÷0÷50	-5÷0÷100

6.5. Порядок виконання завдання

6.5.1. Ознайомитися з виданими мілівольтметром стрілочним, потенціометром і еталонним термометром.

6.5.2. Приєднати досліджувану термопару до мілівольтметра та опустити її в підігрівальний об'єм. Туди ж помістити чутливий елемент електротермометра і водонагрівач.

6.5.3. Замірити показання при відсутності нагрівання. Включити нагрівання і робити вимір термо – Е Д С через кожні 5 – 10 $^{\circ}\text{C}$ зі зніманням показань за еталонним термометром і мілівольтметром, аж до $t_{\text{кип}}$.

6.5.4. Всі виміри звести в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

№ п/п	1	2	3	4	5	n
Температура $t^{\circ}\text{C}$							
Показання шкали мілівольтметра Термо - ЕДС, мВ							

6.5.5. Замінити воду в посудині на холодну.

6.5.6. Досліджувану термопару від'єднати від мілівольтметра і приєднати до потенціометра. Правила користування потенціометром і принципова схема надані на стор. 33.

6.5.7. Повторити всі виміри з потенціометром. Результати занести в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

№ п/п	1	2	3	4	5	n
Температура $t^{\circ}\text{C}$							
Показання шкали потенціометра Термо - ЕДС, мВ							

За таблицями 6.1 і 6.2 побудувати графіки залежності термо - ЕДС термопар від температури.

6.6. Звіт про виконання завдання

У звіті повинні бути наведені:

1. Ціль виконання завдання.
2. Всі основні формули.
3. Монтажні схеми установок.
4. Таблиці з результатами вимірів.
5. Графіки.
6. Короткі висновки по виконаному завданню.

Контрольні запитання

1. Як улаштована термопара?
2. Які існують методи виміру за допомогою термопар?
3. Які прилади використовуються у вимірі термо - ЕДС?
4. Як виконується градування термопар?

Список літератури

1. Нубарян С.М. Контрольно-вимірювальні прилади в теплотехнічних вимірах Курс лекцій. - Харків : ХНАМГ, 2006-283с.
2. Преображенський В.П. Теплотехнічні виміри і прилади Підручник для вузів. 3-е вид. перероб. М. Енергія, 1978-704с.
3. Автоматичні прилади, регулятори і обчислювальні системи. Довідковий посібник під ред. Кашарского Б.Д.- Л.: Машинобудування, 1976-488с.
4. Артем'єв Б. Г., Голубєв С.М. Довідковий посібник для працівників метрологічних служб. М.Зі стандартів, 1982-280с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Практичне заняття № 1	
Вимірювальні прилади.....	4
2. Практичне заняття № 2	
Перевірка засобів виміру прямим методом.....	8
3. Практичне заняття № 3	
Перевірка засобів виміру непрямим методом.....	13
4. Практичне заняття № 4	
Вимір опорів за допомогою врівноваженого моста.....	16
5. Практичне заняття № 5	
Вимір температур за допомогою термометра опору.....	24
6. Практичне заняття № 6	
Термоелектричний метод виміру температур.....	30
Список літератури.....	36
Зміст.....	37

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Автоматика і контрольно - вимірювальні прилади» (для студентів 4-го курсу денної та 5-го курсу заочної форм навчання спеціальності 6.092100 – «Теплогазопостачання і вентиляція»)

Укладач: Сергій Манукович Нубарян,
Юрій Васильович Пахомов,
Віктор Петрович Терновий,
Арсен Сергійович Нубарян.

Редактор: З.І. Зайцева

План 2008, поз. 242 М

Підп. до друку 28.10.08	Формат 60x84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Условн.- друк.арк. 1,6	Обл.- вид. арк. 2,0
Тираж 100 прим.	Замовл. №	

61002, Харків, ХНАМГ вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ
61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12